

Trotz Schwefelmangel-Symptomen keine Ertragswirkung einer S-Düngung; N_{\min} -Sollwert für Winterspinat etwas knapp?

Spinat, Winter Schwefel, Stickstoff Kalium

Zusammenfassung

Bei einem Düngungsversuch mit Winterspinat am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz zeigte sich ähnlich wie in den Vorversuchen 4 Wochen vor der Ernte ein Schwefelmangel in der S_0 -Variante, der bis zur Ernte anhielt. Ein positiver Ertragseffekt einer S-Düngung konnte allerdings wiederum nicht beobachtet werden. Eine Kaliumdüngung zeigte ebenfalls keine Ertragswirkung.

Die Steigerung der N-Düngung über den N_{\min} -Sollwert von 160 kg N/ha hinaus führte dagegen zu einem Frischmasse-Mehrertrag von 40 %. Bei einer Aufdüngung auf 160 kg N/ha zeigte eine Kalksalpeter-Düngung (Nitratform) einen deutlichen Mehrertrag gegenüber einer Düngung mit Kalkammonsalpeter oder AHL. Die Trockenmasse-Erträge wurden allerdings von der N-Düngung nicht signifikant beeinflusst. Die Nitratgehalte lagen, auch bei einer Aufdüngung auf 220 kg N/ha, auf vergleichsweise niedrigem Niveau.

Versuchshintergrund u. -frage

Nachdem bei (Winter)Spinat wiederholt S-Mangel diagnostiziert wurde (vgl. LABER 2008, NEUWEILER 2009) wurden 2009 und 2010 S-Düngungsversuche mit Winterspinat durchgeführt, bei denen geklärt werden sollte, welches S-Angebot zu (Winter)Spinat notwendig ist und welche S-haltigen Düngemittel am besten zur Düngung geeignet sind (LABER 2009, 2010).

Neben der S-Zufuhr über sulfathaltige Kalidüngemittel oder gipshaltige N-Dünger wurde im Versuch 2010 die S-Steigerung durch unterschiedliche Mengen an Ammoniumsulfat in Form von Ammoniumsulfatsalpeter durchgeführt. Dabei waren aber, im Gegensatz zu Versuchsergebnissen von HÄHNDEL (1984), mit zunehmendem Ammoniumanteil (nicht durch Nitrifikationshemmer stabilisiert) tendenziell Ertragseinbußen zu verzeichnen. Auch FELLER & RUPPEL beobachteten einen deutlichen Ertragsrückgang mit zunehmendem NH_4 -N-Anteil (nicht stabilisiert), während andererseits in der Praxis auch Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL) zur Düngung bei Spinat eingesetzt wird.

In einem dritten Düngungsversuch mit Winterspinat sollte daher weiterführend neben der Frage der S-Düngung/-Form auch der Einfluss der N-Form untersucht werden. Da sich in den vorherigen Versuchen die S-Düngung und damit verbundene K-Düngung in Form von Korn-Kali sehr positiv darstellte, sollte zudem der Einfluss der K-Düngung/-Form geprüft werden. Auch der notwendigen N-Düngung bei optimierter S-, K- und Mg-Versorgung sollte nachgegangen werden.

Material und Methoden

Witterungsbedingt konnte der Spinat erst am 24. September 2010 ausgesät werden, so dass er, auch auf Grund eines relativ kühlen Herbstes, relativ klein (2-Blattstadium) in den Winter ging. Kahlfröste Ende Februar/Anfang März von z. T. bis -15°C in Verbindung mit sehr sonnigem Wetter wurden von dem Spinat gut überstanden. Danach blieb der Boden bis zum 10. März gefroren, so dass erst zu diesem Termin der N_{\min} - und S_{\min} -Vorrat des Bodens bestimmt werden konnte (Tab.).

**Versuche im deutschen Gartenbau
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie,
Abteilung Gartenbau, Dresden-Pillnitz
Bearbeiter: Hermann Laber**

2 0 1 1

Kulturdaten:

Bodenart: sL - L, 69-73 BP

Nährstoffe: P: 7,2 mg/100 g (GK C); K: 17,8 mg/100 g (D); Mg: 8,1 mg/100 g (D); pH: 6,1

24. Sept. '10: Aussaat: 240 Korn_{keimfähig}/m², Sorte 'Wallis' (SVS), Reihenabstand 11,9 cm

10. März '11: S_{min}- und N_{min}-Probe (0-90 cm)

17. März: Düngung nach Versuchsplan

Anfang April: erste S-Mangelsymptome (Chlorosen) sichtbar

5. April: 1. Blattdüngung nach Versuchsplan

18. April: 2. Blattdüngung nach Versuchsplan

2. Mai: Ernte mit Baby-Leaf-Ernter, 8 cm Schnitthöhe

(7,5 m²/Parzelle, 4 Wiederholungen)

Ernterückstands-Bestimmung (0,48 m²/Parzelle)

3. Mai S_{min}- und N_{min}-Proben

Bei einem N_{min}-Vorrat von 13 kg/ha (0-30 cm) wurde entsprechend der Düngungsempfehlung (FINK et al. 2007) auf einem N_{min}-Sollwert von 160 kg N/ha aufgedüngt. Die Varianten 'N₁₉₀' bzw. 'N₂₂₀' erhielten entsprechend höhere Düngergaben. Die **N-Düngung** erfolgte zumeist mit Ammoniumnitrat in Form von KAS bzw. Sulfan, in der Variante 'N₁₆₀ KS' als Kalksalpeter. Um in der entsprechenden Variante ('N₁₆₀ AHL') den NH₄-N-Anteil gegenüber Ammoniumnitrat zu erhöhen, gleichzeitig aber nicht die gedüngte S-Menge zu verändern, kam neben KAS Harnstoff im gleichen Verhältnis wie bei AHL zum Einsatz. Um (Ertrags)Effekte der Applikationstechnik auszuschließen, wurden aber dieses Düngemittel ebenfalls in fester Form ausgebracht.

Die **S-Düngung** wurde mit Kaliumsulfat über 0, 10, 20 und 30 kg S/ha gesteigert. Alle entsprechenden Varianten erhielten einheitlich 200 kg K₂O/ha in Form von 60er Kali unter Anrechnung der mit dem Kaliumsulfat ausgebrachten K-Menge. Die damit unterschiedlichen Mengen an ausgebrachtem Chlorid wurden unter der Annahme, dass auf dem Standort keine Ca-Düngeeffekte zu erwarten sind, mit CaCl₂ ausgeglichen. In Variante 'S-20 Sulfan' kam 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' (20 kg S/ha als CaSO₄, hier 'YARA Sulfan') zum Einsatz. Die S-Blattdüngung mit 'Wuxal Schwefel' sollte abweichend von den Vorjahresversuchen (Blattdüngung bei ersten S-Mangelsymptomen) bereits bei Beginn eines stärkeren Wachstums durchgeführt werden. Allerdings war bis Anfang April noch kein ausreichender Bedeckungsgrad durch den Spinat gegeben, so dass größere Teile der Spritzbrühe auf den Boden gelangt wären. Nach einer niederschlagsbedingten Verzögerung konnte dann aber am 5. April die 1. Blattdüngung durchgeführt werden, wobei zu diesem Zeitpunkt wiederum bereits erste S-Mangelsymptome erkennbar waren. Die Behandlung wurde am 18. April, 14 Tage vor der Ernte, nochmals wiederholt, so dass hier insgesamt 2,8 kg S/ha ausgebracht wurden. Alle N-Düngungsvarianten erhielten einheitlich 20 kg S/ha in Form von Korn-Kali, so dass hier gleichzeitig 200 kg K₂O und 30 kg MgO/ha sowie Na gedüngt wurde.

Bei der **K-Düngung** wurde auch in der Kontrolle ('K₅₆') 56 kg K₂O/ha ausgebracht, da hier die S-Düngung durch Kaliumsulfat erfolgen musste. Die K-Steigerung auf 200 kg K₂O/ha wurde in Form von 60er Kali ('K₂₀₀') gegeben, wobei in der 'K₅₆' die Chloridmenge mit CaCl₂ ausgeglichen wurde. In der Variante 'K₂₀₀ Korn' wurde Korn-Kali gedüngt, so dass hier der Ertragseinfluss der Mg- und Na-Nebenbestandteile (und der geringfügig höheren Cl-Menge) gegenüber dem 60er Kali erfasst werden konnte.

Nach der Düngemaßnahme am 17. März fielen innerhalb 24 Std. rund 17 mm Niederschlag, wodurch sich alle Düngemittel komplett auflösten.

Ergebnisse

Der zu Vegetationsbeginn ermittelte S_{\min} -Vorrat lag mit 15 kg S/ha auf etwas höherem Niveau als in den vorherigen Versuchen. Unterhalb 30 cm wurden aber, vermutlich bedingt durch sehr niederschlagsreiche Herbst- und Wintermonate, deutlich geringere S-Mengen als in den Vorversuchen vorgefunden (Tab.).

Anfang April zeigten sich bei der Kontrolle (S_0) sowie bei der bis dato ebenfalls nicht mit S gedüngten Varianten 'S_{2,8} Wuxal S' im Vergleich zu den S-gedüngten Varianten erste Unterschiede in der Blattfarbe (beginnende Chlorose). Diese S-Mangelsymptome waren, anders als in den Vorjahresversuchen, bis zur Ernte hin zu beobachten, allerdings in einer geringeren Ausprägung als in den vorherigen Versuchen. Ein Unterschied zwischen der Kontrolle (S_0) und der Wuxal-Blattdüngungsvariante war nicht zu erkennen.

Der Spinat erreichte mit rund 300 dt/ha bzw. 35 dt Trockenmasse/ha ein hohes Ertragsniveau, eine Abhängigkeit von der **S-Düngung** (S-Menge, S-Form) war nicht zu erkennen (Abb. 1, Tab.). Allerdings wies die Blattdüngungsvariante einen signifikant geringeren FM-Aufwuchs als die S_0 - und S_{10} -Variante auf, beim TM-Aufwuchs war nur der Unterschied zur S_{10} -Variante statistisch abgesichert (Tab.). Die TS-Gehalte in der Markware lagen in den S-Düngungs-Varianten recht einheitlich bei knapp 12 %, nur bei der Kontrolle zeigte sich mit 10,9 % ein etwas geringerer Wert. Der Harvest-Index (FM-bezogen) lag, wie auch bei allen anderen Düngungsvarianten, einheitlich bei 55 %.

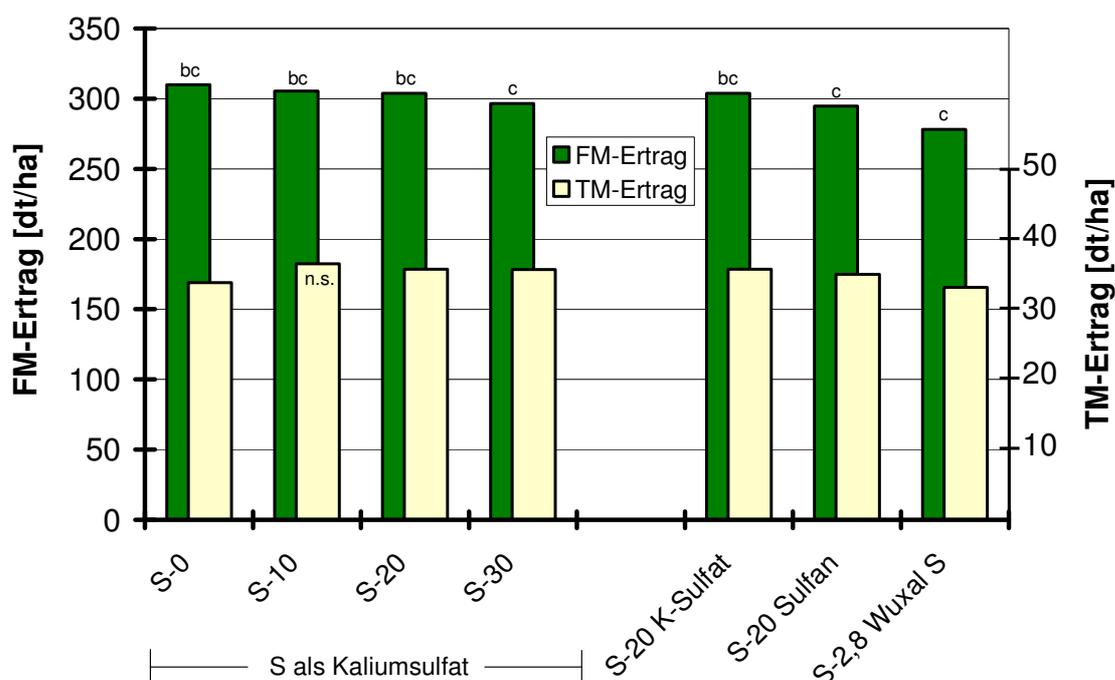


Abb. 1: Marktertrag von Winterspinat in Abhängigkeit von der S-Düngung
($GD_{\alpha < 0,05} = 45,4$ dt FM/ha)

Der **S-Gehalt** der Markware lag bei den S-gedüngten Varianten bei 0,27 bis 0,33 % in der TS. Die S_0 -Variante und die Blattdüngungsvariante wiesen mit 0,21 bzw. 0,22 % S-Gehalte auf, die deutlich unterhalb des Grenzwertes von 0,30 bis 0,35 % lagen (vgl. LABER 2008). Auch der S-Gehalt der Ernterückstände zeigte mit zunehmendem S-Angebot einen leichten Anstieg (Abb. 2, Tab.).

Das N/S-Verhältnis in der Markware der S_0 - und Blattdüngungsvariante wies mit rund 15 ebenfalls auf eine nur unzureichende S-Versorgung in diesen Varianten hin. Auch in den Ernterückständen zeigte sich mit einem N/S-Verhältnis von 12,6 bzw. 10,2 ein höherer Wert als in den S-gedüngten Varianten, die zumeist bei unter 9,0 lagen.

Die S-Aufnahme lag ähnlich wie in den Vorjahresversuchen bei maximal 20 kg S/ha.

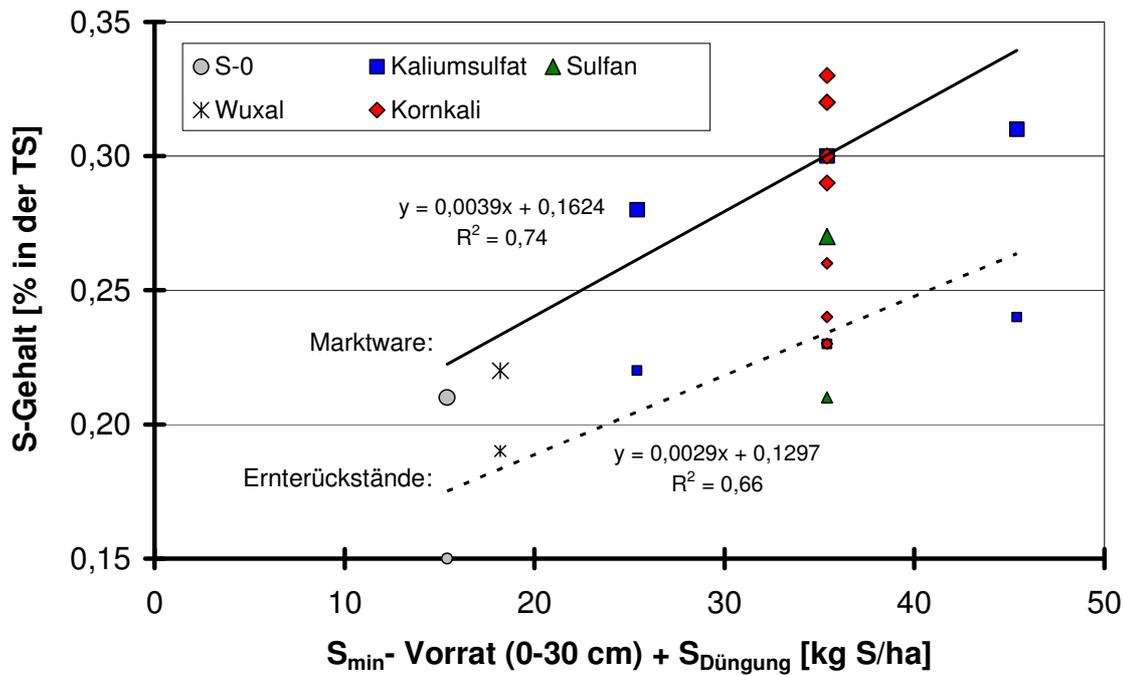


Abb. 2: S-Gehalt von Marktware (große Symbole) und Ernterückständen (kleine Symbole) in Abhängigkeit vom S-Angebot

Auch bei der **K-Düngung** waren keine Ertragseffekte zu beobachten (Abb. 3), obgleich sich in den Vorversuchen (LABER 2009, 2010) die Kornkali-Düngungsvariante, trotz optimaler bzw. hoher Bodenvorräte) immer als ertragsstärkste Variante zeigte.

Die nur gering gedüngte K_{56} -Variante wies mit 4,36 % K zwar auch den geringsten K-Gehalt auf, insgesamt waren aber keine auffälligen Düngungseffekte zu beobachten (Tab.), so dass anzunehmen ist, dass im aktuellen Versuch die Versorgung vollständig über den Bodenvorrat (entsprechend der Gehaltsklasse D) gewährleistet war (bzw. bereits die 56 kg K_2O/ha ausreichen). Mit durchschnittlich 67 kg $K_2O/100$ dt FM lagen die K-Gehalte des Marktertrages auf 'normalem' Niveau (vgl. FINK et al. 2007). Die Mg-Gehalte fielen mit durchschnittlich 5 kg $MgO/100$ dt FM etwas geringer aus als die Standardwerte (8,3 kg MgO).

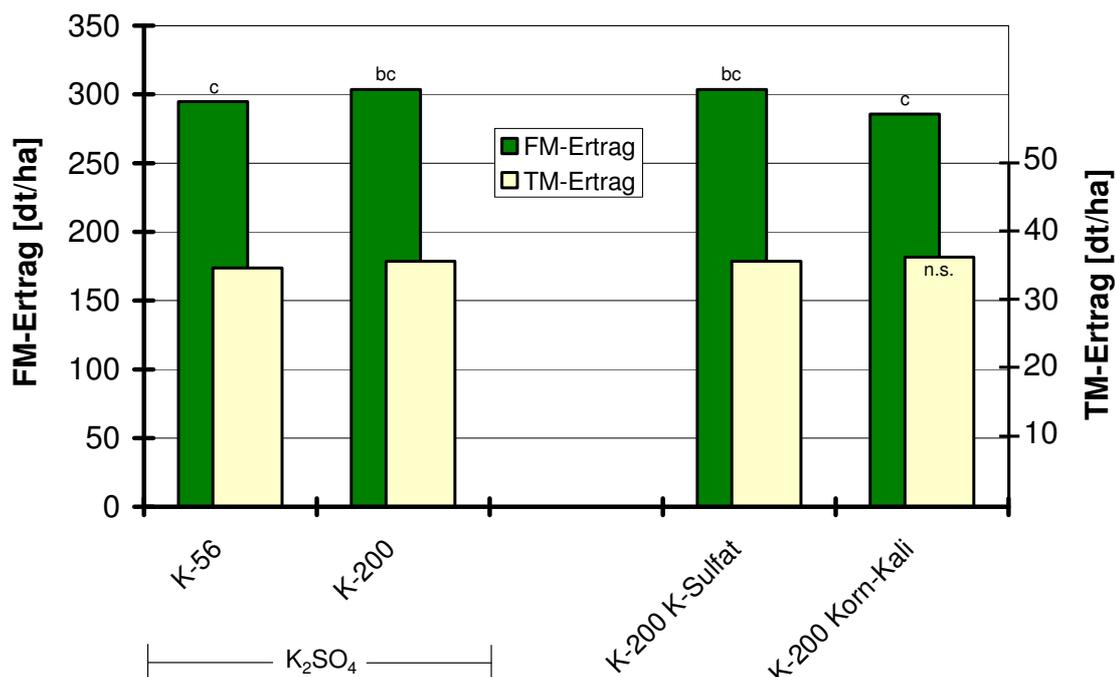


Abb. 3: Marktertrag von Winterspinat in Abhängigkeit von der K-Düngung
($GD_{\alpha < 0,05} = 45,4$ dt FM/ha)

Die Steigerung der **N-Düngung** mit KAS auf einen N_{\min} -Sollwert von 220 kg N/ha führte gegenüber der Standardaufdüngung auf 160 kg N_{\min} /ha (vgl. FINK et al. 2007), aber auch gegenüber der auf 190 kg N/ha erhöhten Düngung, zu einem sehr deutlichen Ertragsanstieg (Abb. 4). Allerdings lag in dieser Variante der TS-Gehalt mit 9,8 % rund 2 %-Punkte niedriger als bei den anderen Varianten (Tab.), so dass beim TM-Ertrag keine signifikanten Ertragsunterschiede zu verzeichnen waren. Bei der N-Form und damit NH_4 -N-/ NO_3 -N-Verhältnis waren zwischen AHL- und KAS-Düngung keine Ertragunterschiede festzustellen, die reine NO_3 -N-Düngung mit Kalksalpeter führte aber zu rund 50 dt/ha Mehrertrag. Aber auch hier war der TS-Gehalt etwas reduziert, so dass der TM-Ertrag unbeeinflusst blieb.

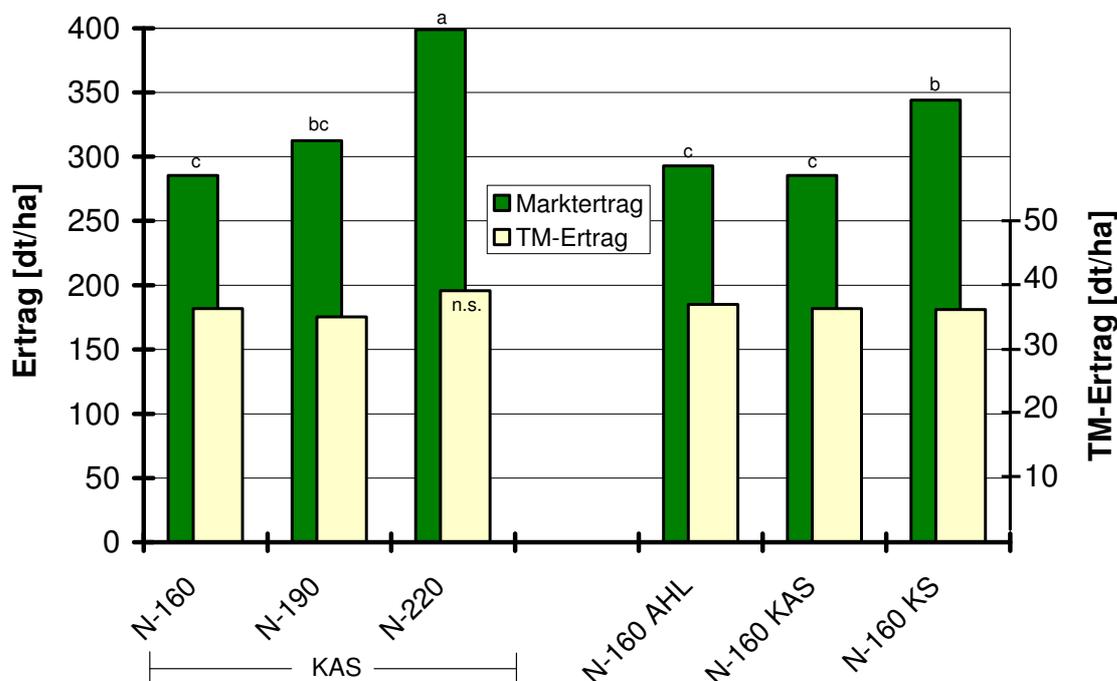


Abb. 4: Marktertrag von Winterspinat in Abhängigkeit von der N-Düngung
($GD_{\alpha < 0,05} = 45,4$ dt FM/ha)

Wie im Vorjahresversuch war der **N-Gehalt** in der Marktware wiederum auffallend gering, selbst bei Aufdüngung auf 220 kg N/ha betrug er nur 3,83 % N i. d. TS (Abb. 5). Damit lagen alle Varianten schon im bzw. unterhalb des Grenzwertes von 3,8 bis 5,0 %. Auch die geringen Nitratgehalte im Erntegut von zum Teil unter 100 mg NO_3 /kg FM bei den auf 160 kg N/ha aufgedüngten Varianten deuteten auf eine limitierte N-Versorgung. Selbst bei einer Aufdüngung auf 220 kg N/ha waren nur Nitratgehalte von knapp 450 mg NO_3 /kg FM zu verzeichnen (Abb. 5). Als weiteres Indiz für ein begrenztes N-Angebot sind die geringen N_{\min} -Reste zu nennen, die bei einer Aufdüngung auf 160 kg N/ha nur bei rund 15 kg N/ha in der Schicht 0-60 cm (!) lagen.

Die N-Aufnahme des Spinates lag bei den auf 160 kg N/ha aufgedüngten Varianten mit rund 550 dt Aufwuchs/ha im Mittel bei 169 kg N/ha und damit 25 kg über dem Standardwert (144 kg N/ha bei 400 dt Aufwuchs/ha). Bei einer Aufdüngung auf 220 kg N/ha wurde sogar eine N-Aufnahme von 217 kg N/ha ermittelt; hier lag die Aufwuchsmenge mit 715 dt/ha auch knapp 80 % über dem Standardwert.

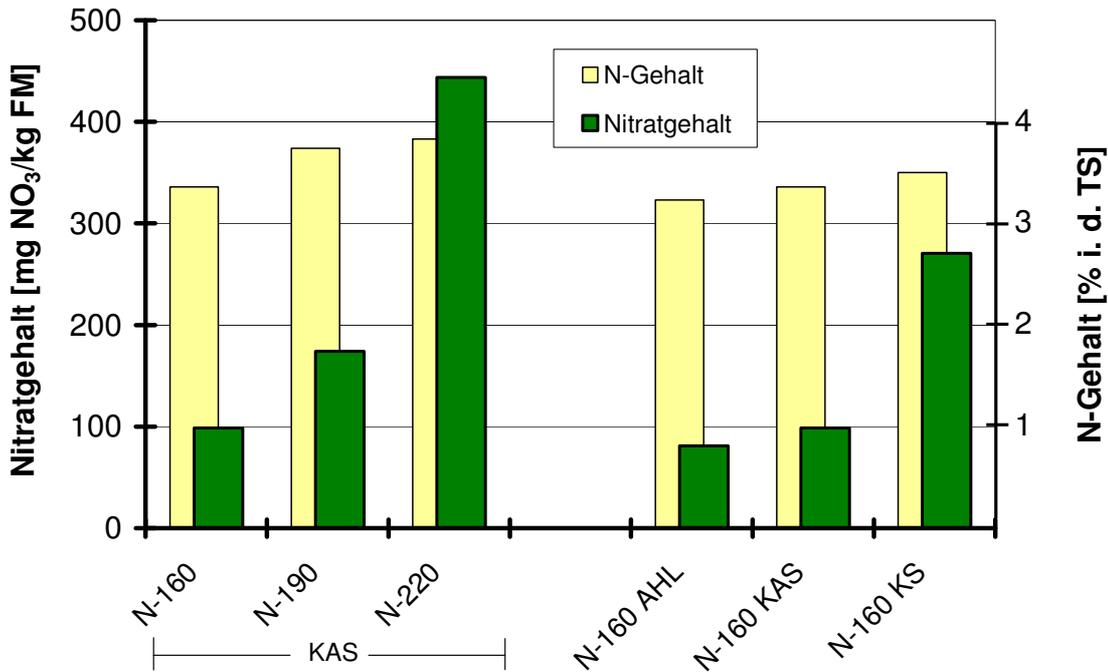


Abb. 5: Nitrat- und N-Gehalt im Markertrag von Winterspinat in Abhängigkeit von der N-Düngung (Mischproben über die Wiederholungen)

Fast man die vorliegenden Versuchsergebnisse der letzten Jahre zur N-Düngung von Winterspinat zusammen, so führt eine Aufdüngung auf 210 kg N/ha im Mittel zu einem Mehrertrag von rund 26 % gegenüber der 'Standardaufdüngung' von 160 kg N/ha (Abb. 6). Allerdings ist gleichzeitig auch mit einem exponentiellen Anstieg der Nitratgehalte zu rechnen (Abb. 7), so dass die 'optimale' N-Düngung immer einen Kompromiss zwischen Ertrag und Qualitätsansprüchen der 'abnehmenden Hand' darstellen wird.

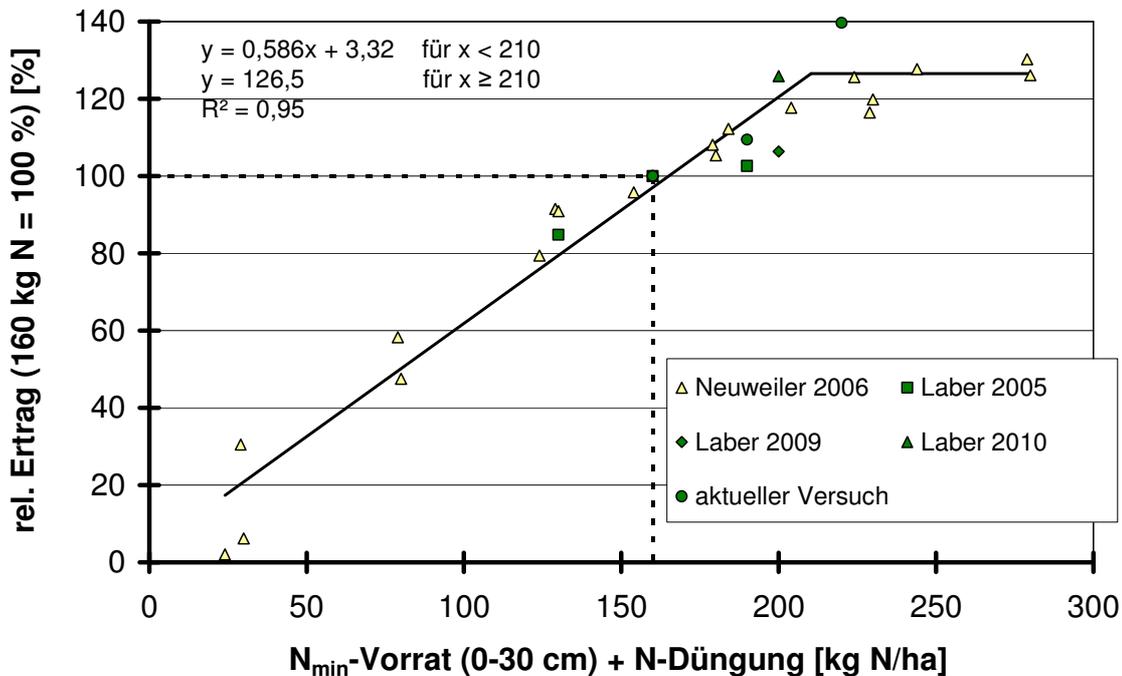


Abb. 6: Rel. Ertrag von Winterspinat (160 kg N/ha = 100 %) in Abhängigkeit vom N-Angebot (Bei den Ergebnissen von NEUWEILER wurde der Ertrag bei 160 kg N/ha anhand quadratischer Ertragsfunktionen [$R^2 > 0,99$] für jeden der 3 Versuche separat geschätzt)

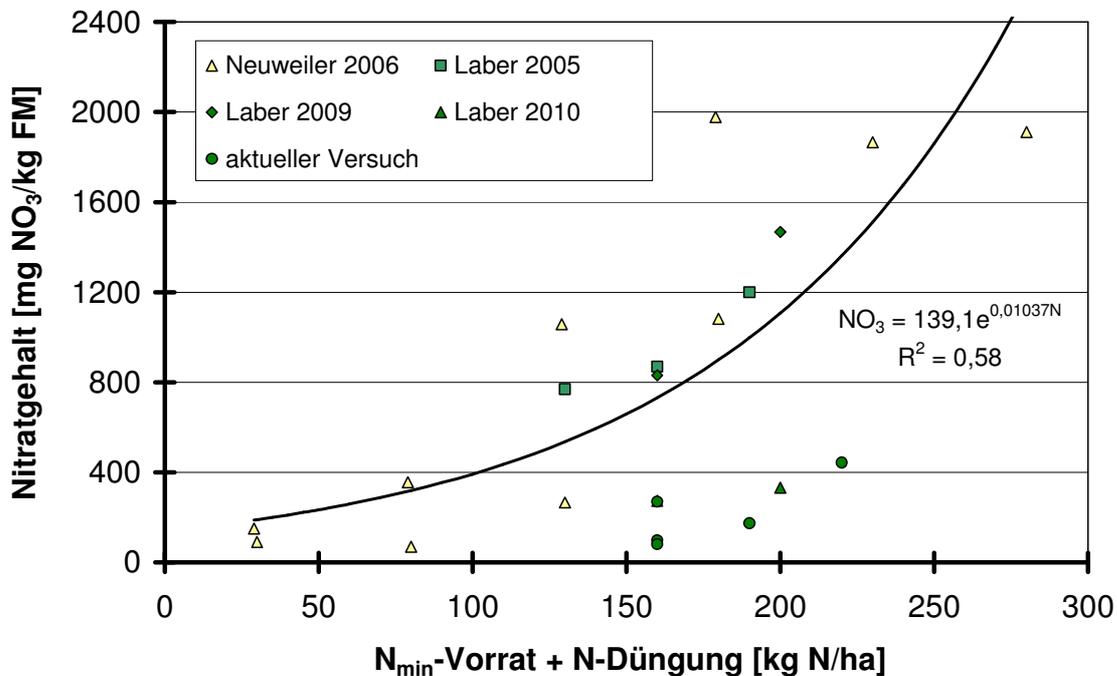


Abb. 7: Nitratgehalt von Winterspinat in Abhängigkeit vom N-Angebot (Bei den Ergebnissen von NEUWEILER wurde der Nitratgehalt bei 160 kg N/ha anhand quadratischer Funktionen [$R^2 > 0,90$] für jeden der 2 Versuche separat geschätzt)

Literatur:

- FELLER, C. und S. RUPPEL (o. Datum): Unveröffentlichte Versuchsergebnisse mit verschiedenen N-Düngerformen bei Spinat im Rahmen von Untersuchungen zur 'Variabilität der N_{min}- und C_{mic}-Gehalte bei der Bodenprobenahme'. Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren
- FINK, M., C. FELLER, H. LABER, H.-C. SCHARPF, U. WEIER, A. MAYNC, J. ZIEGLER, J. SCHLAGHECKEN, P.-J. PASCHOLD und K. STROHMEYER 2007: N-Düngung. In: FINK, M. [Hrsg.] Düngung im Freilandgemüsebau. Gartenbauliche Berichte, Heft 4, Schriftenreihe des Institutes für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt, 2. Aufl.
- HÄHNDEL, R. 1984: Beeinflussung des Nitratgehaltes von Spinat sowie von Kopfsalat, Rote Beete und Radies durch variierte N- und Cl-Ernährung. Diss. Uni. Hannover
- LABER, H. 2005: Mit einem N_{min}-Sollwert von 160 kg N/ha bei Winterspinat auf der 'sichereren Seite'. www.hortigate.de
- LABER, H. 2008: Möglicherweise Schwefelmangel Ursache für Chlorosen bei Winterspinat? www.hortigate.de
- LABER, H. 2009: Trotz anfänglich deutlicher Schwefelmangelsymptome nur geringe Ertragswirkung einer S-Düngung bei Winterspinat. www.hortigate.de
- LABER, H. 2010: Anfänglicher Schwefelmangel bei Winterspinat offenbar durch S-Vorrat des Unterbodens behoben; K-Düngung wieder ertragswirksam. www.hortigate.de
- NEUWEILER, R. 2006: Winterspinat stellt hohe Ansprüche. Gemüse **42** (4), S. 22-24 (ergänzt um schriftliche Mitteilung bezüglich der N_{min}-Vorräte)
- NEUWEILER, R. 2009: Optimierung der Schwefelversorgung bei Gemüse-Frühhkulturen. Forschungsanstalt Agroscope. www.hortigate.de

Tab.: Varianten, S_{min}- und N_{min}-Gehalte, Düngung, Ertrag, S-, N-, K- und Mg-Gehalte

| Variante | S ₀ | S ₁₀ | S ₂₀ =K ₂₀₀ | S ₃₀ | S ₂₀ Sul- fan ¹⁾ | S _{2,8} Wux al S ²⁾ | K ₅₆ | K ₂₀₀ Korn = N ₁₆₀ | N ₁₉₀ | N ₂₂₀ | N ₁₆₀ KS ³⁾ | N ₁₆₀ AHL ⁴⁾ |
|---|---|-----------------|--------------------------------------|-----------------|--|---|--------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| S _{min} -Vorrat [kg S/ha] (10.3.) | 0-30 cm: 15 / 30-60 cm: 17 / 60-90 cm: 22 | | | | | | | | | | | |
| S-Düngung [kg S/ha] | 0 | 10 | 20 | 30 | 20 | 2,8 | 20 | | | | | |
| als | - | Kaliumsulfat | | | Sulfan | Wuxal | K ₂ SO ₄ | Korn-Kali | | | | |
| K-Düngung [kg K ₂ O/ha] | 200 | | | | | | 56 | 200 | | | | |
| als | 60er Kali ⁵⁾ | | | | | | K ₂ SO ₄ | Korn-Kali | | | | |
| darin [kg/ha] MgO / Na | 0 | | | | | | 30 / 15 | | | | | |
| Cl | 157 | 135 | 113 | 91 | 157 | 157 | 0 | 173 | | | | |
| Cl-Ausgleich [kg Cl/ha] ⁶⁾ | 0 | 22 | 44 | 65 | 0 | 0 | 157 | 0 | | | | |
| N _{min} -Sollwert [kg N/ha] | 160 | | | | | | | | 190 | 220 | 160 | |
| N _{min} -Vorrat [kg N/ha] (10.3.) | 0-30 cm: 13 (30-60 cm: 10 / 60-90 cm: 15) | | | | | | | | | | | |
| N-Düngung [kg N/ha] | 147 | | | | | | | | 177 | 207 | 147 | |
| als | KAS ⁷⁾ | | | | | | | | | | KS | AHL |
| NH ₄ -N/NO ₃ -N-Verhältnis | 1,0 | | | | | | | | | | 0,08 | 3,0 ⁸⁾ |
| Marktertrag [dt/ha] (GD: 45 dt) | 310 | 305 | 304 | 297 | 295 | 278 | 295 | 286 | 312 | 399 | 344 | 293 |
| TS-Gehalt [% der FS] ⁹⁾ | 10,9 | 11,9 | 11,8 | 12,0 | 11,9 | 11,9 | 11,8 | 12,7 | 11,2 | 9,8 | 10,5 | 12,6 |
| TM-Ertrag [dt TM/ha] (n.s.) | 33,8 | 36,4 | 35,7 | 35,7 | 35,0 | 33,1 | 34,7 | 36,3 | 35,1 | 39,2 | 36,2 | 37,0 |
| S-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 0,21 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,27 | 0,22 | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,29 |
| N-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 3,18 | 3,66 | 3,44 | 3,27 | 3,33 | 3,26 | 3,52 | 3,36 | 3,74 | 3,83 | 3,50 | 3,23 |
| N/S-Verhältnis | 15,1 | 13,1 | 11,5 | 10,5 | 12,3 | 14,8 | 11,7 | 11,2 | 11,7 | 11,6 | 10,9 | 11,1 |
| S im Marktertrag [kg S/ha] | 7,1 | 10,2 | 10,7 | 11,1 | 9,4 | 7,3 | 10,4 | 10,9 | 11,2 | 12,9 | 11,6 | 10,7 |
| N im Marktertrag [kg N/ha] | 107 | 133 | 123 | 117 | 117 | 108 | 122 | 122 | 131 | 150 | 127 | 119 |
| Nitrat-Gehalt [mg NO ₃ /kg FM] | 126 | 246 | 135 | 85 | 95 | 100 | 123 | 99 | 174 | 444 | 271 | 81 |
| K-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 5,30 | 4,93 | 4,77 | 4,62 | 4,75 | 4,81 | 4,36 | 4,42 | 4,70 | 5,13 | 5,01 | 4,51 |
| Mg-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 0,29 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 0,36 | 0,29 | 0,26 |
| Ernterückstände [dt/ha] (n.s.) | 260 | 263 | 245 | 251 | 242 | 215 | 248 | 232 | 250 | 316 | 286 | 243 |
| TS-Gehalt [% der FS] ⁹⁾ | 10,5 | 10,0 | 10,3 | 10,3 | 9,7 | 10,3 | 9,7 | 9,8 | 9,7 | 9,8 | 9,5 | 10,9 |
| TM [dt TM/ha] (n.s.) | 27,3 | 26,2 | 25,3 | 25,8 | 23,5 | 22,1 | 24,0 | 22,6 | 24,3 | 31,1 | 27,3 | 26,5 |
| S-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 0,15 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,26 | 0,23 |
| N-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 1,89 | 1,92 | 1,99 | 1,97 | 1,88 | 1,94 | 2,02 | 2,10 | 2,11 | 2,16 | 2,13 | 1,86 |
| N/S-Verhältnis | 12,6 | 8,7 | 8,7 | 8,2 | 9,0 | 10,2 | 8,8 | 8,1 | 8,8 | 9,0 | 8,2 | 8,1 |
| S in Ernterückst. [kg S/ha] | 4,1 | 5,8 | 5,8 | 6,2 | 4,9 | 4,2 | 5,5 | 5,9 | 5,8 | 7,5 | 7,1 | 6,1 |
| N in Ernterückst. [kg N/ha] | 52 | 50 | 50 | 51 | 44 | 43 | 48 | 47 | 51 | 67 | 58 | 49 |
| K-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 7,60 | 7,91 | 7,39 | 7,36 | 7,50 | 7,33 | 7,40 | 7,49 | 7,10 | 7,91 | 7,74 | 7,09 |
| Mg-Gehalt [% in der TS] ⁹⁾ | 0,59 | 0,63 | 0,60 | 0,62 | 0,60 | 0,55 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,65 | 0,74 | 0,63 |
| Aufwuchs [dt/ha] (GD: 68 dt) | 570 | 569 | 549 | 548 | 537 | 493 | 543 | 517 | 563 | 715 | 630 | 536 |
| Harvest-Index ¹⁰⁾ [%] (n.s.) | 54 | 54 | 55 | 54 | 55 | 56 | 54 | 55 | 56 | 56 | 55 | 55 |
| TM-Aufwuchs [dt/ha] (7,1 dt) | 61,1 | 62,7 | 61,0 | 61,5 | 58,5 | 55,2 | 58,7 | 58,9 | 59,4 | 70,3 | 63,6 | 63,5 |
| S im Aufwuchs [kg S/ha] | 11,2 | 16,0 | 16,5 | 17,3 | 14,4 | 11,5 | 15,9 | 16,8 | 17,1 | 20,4 | 18,7 | 16,8 |
| N im Aufwuchs [kg N/ha] | 159 | 184 | 173 | 168 | 161 | 151 | 171 | 170 | 183 | 217 | 185 | 169 |
| S _{min} -Rest [kg S/ha] 0-30 cm (3. Mai) | 8 | | | | | | | 27 | 18 | 18 | 25 | 19 |
| 30-60 cm | 10 ¹¹⁾ | | | | | | | 15 | 13 | 13 | 11 | 11 |
| N _{min} -Rest [kg N/ha] 0-30 cm (3. Mai) | 8 | | | | | | | 8 | 15 | 19 | 12 | 8 |
| 30-60 cm | 2 ¹²⁾ | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |

¹⁾: Ammoniumnitrat mit Schwefel; ²⁾ Wuxal Schwefel (Blattdünger, 2 × 5 l/ha, 500 l Wasser/ha), enthält Spuren (< 3 g/ha) von B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn; ³⁾: Kalksalpeter (14,4 % NO₃-N, 1,1 % NH₄-N); ⁴⁾: analog Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung (7 % NO₃-N, 7 % NH₄-N, 14 % Carbamid-N), hier: KAS + Harnstoff (beide fest);

⁵⁾: unter Anrechnung der ggf. mit dem Kaliumsulfat ausgebrachten K-Menge; ⁶⁾: in Form von CaCl₂;

⁷⁾: Kalkammonsalpeter, ggf. unter Anrechnung der mit dem Sulfan ausgebrachten N-Menge;

⁸⁾: Carbamid-N (auf Grund der schnellen Umsetzung) als NH₄-N bewertet;

⁹⁾: Mischproben über die Wiederholungen; ¹⁰⁾ Anteil der Marktware am Aufwuchs (= Marktertrag ÷ Aufwuchs)

¹¹⁾: 60-90 cm: 23 kg S/ha; ¹²⁾: 60-90 cm: 7 kg N/ha